

УДК 624.012.464

ВПЛИВ ЗМІШАНОГО АРМУВАННЯ НА ПРОГИНИ В ДВОВІСНО НАПРУЖЕНИХ ПЛИТАХ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО РОЗРАХУНКУ

К.т.н., асистент Бова Я. О.

*Київський національний університет будівництва та архітектури
м. Київ*

Двовісно напружені плити – це плити, що піддаються попередньому напруженню у двох напрямках. Одна із переваг даного виду армування є зменшення деформативності конструкції. Низка [1, 2, 3, 4] науковців присвятили свої наукові праці дослідженню напружено-деформованого стану попередньо напружених у двох напрямках залізобетонних плит. З точки зору практики, такий вид армування більш трудомісткий ніж плити армовані звичайною ненапруженою арматурою. Тому постало питання про можливість зменшення кількості напруженої арматури і заміну її ненапруженою. При цьому потрібно зберегти експлуатаційні властивості двовісно обтиснутих плит. Для перевірки цього питання були проведені експериментально-теоретичні дослідження двовісно напружених плит, у яких частково арматуру напруженою замінили ненапруженою.

Основним напрямом є дослідження впливу двовісного напруження, з використанням змішаного армування на деформації плоских залізобетонних плит при поперечному короткочасному навантаженні.

Використавши методику [1] проведення експериментальних досліджень випробувану у КНУБА, вирішено виготовити дослідні зразки розміром $800 \times 800 \times 75$ мм з різним коефіцієнтом змішаного армування (рис. 1). Коефіцієнт змішаного армування визначають відношенням площі напруженої арматури до загальної площі всієї арматури в перерізі елемента (табл. 1). Випробування плит виконали на спеціально запроєктованій установці. Зосереджене навантаження на зразки передавали за допомогою двох траверс, через 4 зосереджені сили. Обпирання плит прийнято вільно обертими по контуру згідно з [5].

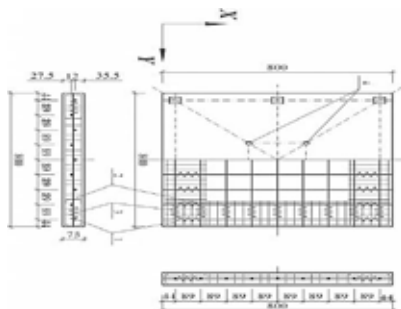


Рис.1 Армування випробувальних плит-зразків: 1 – арматурні стержні; 2 – “II” - подібні арматурні сітки; 3 – спіралі; 4 – круглі марки.

У процесі навантаження з кроком $P_1 = 4,9$ кН та витримкою в 3 хв у плитах визначали прогини у центрі та $1/3$ прольоту (рис. 2). Для визначення прогинів використані індикатори годинникового типу, з ціною поділки 0,01 мм.

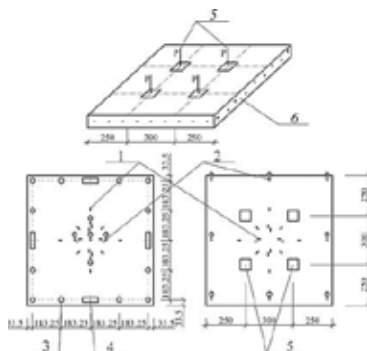


Рис. 2 Схема завантаження та розміщення індикаторів та тензодатчиків на зразках плит: 1 – тензодатчики; 2 – індикатори - прогиноміри; 3 – кулькова опора; 4 – шарнірна опора; 5 – місце прикладання зусилля; 6 – зразок – плита.

Об'єм та характеристики плит-зразків

Таблиця 1

№ серії та шифр зразка	Розміри зразків-плит, мм			Коefіцієнт змінного армування $K_p = \frac{A_p}{A_{s, tot}}$	Клас напруженої арматури	Клас не-напруженої арматури	Кількість зразків, шт.
	h	l	b				
П-1 (ненапр. арм.)	75	800	800	0	-	A500C	4
П-2 (зміш. арм.)	75	800	800	0,65	A800C	A500C	4
П-3 (попер. напр. арм.)	75	800	800	1	A800C	-	4

За результатами отримали значення прогинів плит з різним коефіцієнтом змішаного армування. Графіки переміщень від зусилля, що прикладали до зразка, зображено на рис. 3...5. Значення прогинів наведені з урахуванням вигину отриманого внаслідок обтиску плит.

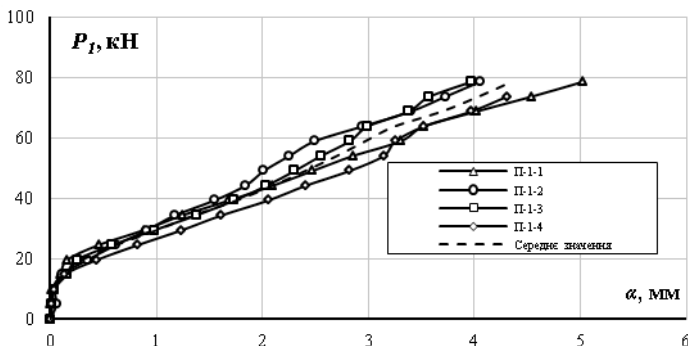


Рис. 3 Графіки залежності прогинів від навантаження для плит серії П-1

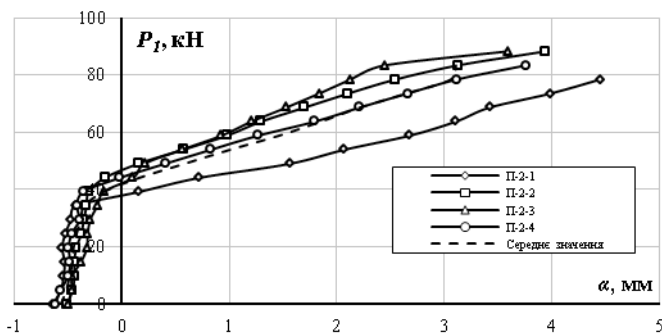


Рис. 4 Графіки залежності прогинів від навантаження для плит серії П-2

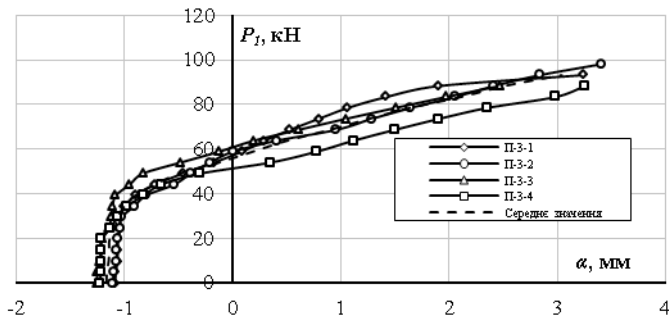


Рис. 5 Графіки залежності прогинів від навантаження для плит серії П-3

В результаті випробувань отримали прогини плит, які менше гранично допустимих значень $\alpha_{\max} \approx \frac{l}{120}$ [5]. Для плит без попереднього напруження значення граничних прогинів становило в межах $\alpha \approx \frac{l}{225}$.

Для плит з повністю напруженою арматурою зменшення граничних прогинів становило до $\alpha \approx \frac{1}{490}$ при навантаженні 0,7...0,8 Рц. В плитах зі змішаним армуванням граничні прогини відповідали значенню $\alpha \approx \frac{l}{260}$, що теж значно менше гранично допустимих.

Розрахунок за деформаціями виконували, виходячи з тієї умови, що прогин від дії зовнішнього навантаження не повинен перевищувати гранично допустимих значень згідно з Eurocode 2 [6]:

$$\alpha \leq \alpha_{\max} \quad (1)$$

Враховуючи дію двовісного обтиску в плитах зі змішаним та з повністю напруженим армуванням, фактичний прогин необхідно розглядати як різницю прогину від дії поперечного навантаження (α_{dir}) та прогину (вигину) від дії попереднього напруження (α_p). Повне значення прогину пропонується визначати за формулою

$$\alpha = \alpha_{dir} - \alpha_p \quad (2)$$

Прогин в плиті обчислюють за загальними правилами будівельної механіки. За умови прикладення зосередженої сили у центрі з урахуванням розпору, прогин плити визначають за формулою

$$\alpha_{dir} = \frac{s}{l}^2 \left(\frac{1}{r} \right)_{red} \quad (3)$$

де $s = \frac{0,8}{\sqrt{2}}$ – значення, яке залежить від розрахункової схеми та виду навантаження і прийняте згідно з [7];

l – розрахункова довжина елемента.

Треба зазначити, що згідно з Eurocode 2 кривизни елемента розглядають двома стадіями. Перша стадія – кривизна від початку прикладання навантаження до появи першої тріщини, тобто при $M \leq M_{cr}$. Її визначають за формулою

$$\left(\frac{1}{r} \right)_{red,1} = \frac{M}{E_m I_g} \quad (4)$$

де E_m – модуль пружності бетону, що розглядається;

I_g – момент інерції перерізу до появи першої тріщини.

Друга стадія являє середню кривизну, як суму кривизн і визначається співвідношенням

$$\left(\frac{1}{r} \right)_{red,2} = \zeta \left(\frac{1}{r} \right)_g + (1 - \zeta) \left(\frac{1}{r} \right)_c \quad (5)$$

де $\left(\frac{1}{r}\right)_g$ - кривизна елемента до появи першої тріщини;

$\left(\frac{1}{r}\right)_g$ - кривизна елемента після появи першої тріщини;

ζ – коефіцієнт розподілу, що враховує підвищення жорсткості у перерізі при розтягу

$$\zeta = 1 - \beta \left(\frac{\sigma_r}{\sigma_s} \right)^2, \quad (6)$$

де β – коефіцієнт впливу тривалості навантаження на середню деформацію;

σ_r – напруження у розтягнутій арматурі за умов навантаження, яке викликає появу першої тріщини;

σ_s – напруження у розтягнутій арматурі.

В даному випадку співвідношення σ_r / σ_s можна замінити на M_e / M . При цьому M_e – момент від дії поперечного зусилля, M – момент тріщиноутворення. Тоді жорсткість плити при короткочасній дії навантаженні дорівнюватиме:

$$(E_{gr} I)_{red,2} = \frac{E_{gr} I_e}{1 - \beta \left(\frac{M_e}{M} \right)^2 \left(1 - \frac{I_e}{I_g} \right)}, \quad (7)$$

де I_e – момент інерції для перерізу з тріщиною при висоті стиснутої зони x_r .

Висота стиснутої зони згідно з [8] дорівнюватиме:

$$x_r = d \cdot \sqrt{(\alpha_s \rho_s)^2 + 2\alpha_s \rho_s - \alpha_s \rho_s} \cdot d, \quad (8)$$

де

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_c}, \quad (9)$$

$$\rho_s = \frac{A_s}{b \cdot d} \quad (10)$$

Тоді середню кривизну за умови $M \geq M_e$ обчислюють

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{red,2} = \frac{M}{(E_{gr} I)_{red,2}} \quad (11)$$

α_p – вигин від дії попереднього напруження до прикладення короткочасного навантаження.

Для більш зручного вигляду порівняння експериментальних та теоретичних даних прогину плит наведені у вигляді графіків (рис. 6...8).

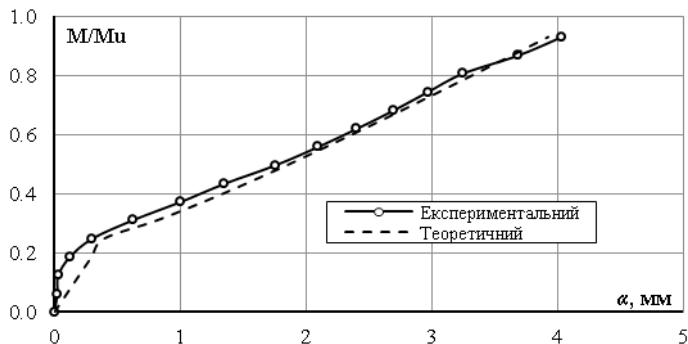


Рис. 6 Усредненный экспериментальный та теоретичний графік залежності “зусилля-прогин” для плит серії П-1

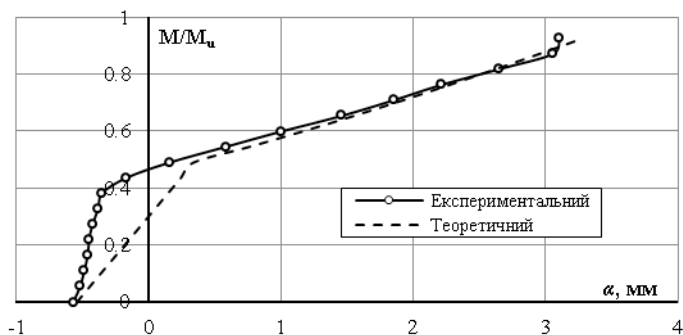


Рис. 7 Усредненный экспериментальный та теоретичний графік залежності “зусилля-прогин” для плит серії П-2

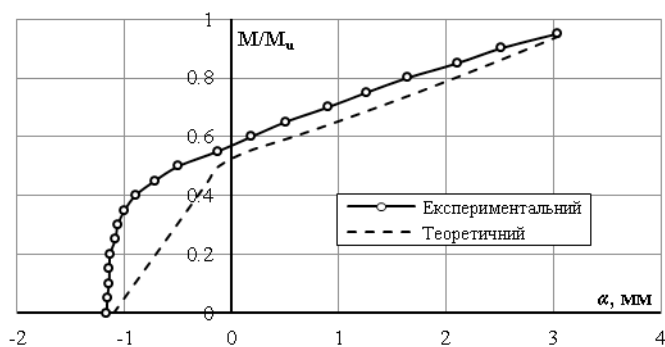


Рис. 8 Усредненный экспериментальный та теоретичний графік залежності “зусилля-прогин” для плит серії П-3

Досліди показали, що у плитах зі змішаним армування відносні прогини склали $\frac{1}{183}$, при цьому абсолютні $\frac{1}{260}$. У плитах з повністю напруженою арматурою відносні прогини дорівнюють, у той час як абсолютні $\frac{1}{490}$. Фактично різниця між абсолютними та відносними прогинами у плитах зі змішаним армуванням складає 1,4%, а у плитах з повністю напруженою арматурою 2,5%. Використання змішаного армування, як одного із видів армування у плоских плитах, веде до зменшення деформативності при порівнянні зі звичайним армуванням та до кількості високоміцної арматури порівняно з напруженою арматурою. Аналіз результатів порівняння свідчить, що європейські норми з урахуванням наведених пропозицій, дають можливість розраховувати плоскі двовісно напружені плити зі змішаним армуванням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Журавський О. Д. Напряженно – деформированное состояние железобетонных плит при двухосном предварительном обжатий// Автореферат. Киев, 1988 – с. 25.
2. Карчемский М. Ю. Железобетонные плиты, предварительно напряженные в двух направлениях/М.Ю. Карчемский. –К.: Госстройиздат, 1958 – с. 121.
3. Лисицин Б. М. Теоретическое и экспериментальное исследование предварительно напряженных в двух направлениях железобетонных плит и шатровых панелей: автореф. канд. дисс. /Б.М.Лисицин// – Киев, 1961 – с. 20.
4. Бабич Є. М. Залізобетонні балки і плити зі змішаним армуванням/ Є.М. Бабич, О.П. Борисюк, П.П.Коцебчук // Вид-во – Рівне, 1998 – с. 134.
5. ДСТУ Б В.2.6-7-95 Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості// Вид-во – ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ – Київ, 1997.
6. Eurocode 2: Design of Concrete Structures – Part 1-1: General Rules and Roles for Buildings, BS EN 1992-1-1.-2004. – British Standard, CEN.
7. Гольшев А. Б. Проектирование железобетонных конструкций: Справочное пособие/ А.Б. Гольшев, В.Я.Бачинский, В.П.Полищук, А.В. Харченко, И.В.Руденко// Под ред. А.Б.Гольшева. – К. Будивельник, 1990. – 544с.
8. Залесов А. С. Краткие заметки о расчете железобетонных конструкций на действие изгибающих моментов и продольных сил// Издательство ЦПП. – Москва. – 2008г. – С.17.